



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 検査対象の高さの検査を行う高さ検査装置において、

検査対象と具備する光センサとの間の光路長を変えて、該検査対象の高さ情報を該光センサ上の位置情報に変換する光学系を備えることを特徴とする高さ検査装置。

【請求項2】 請求項1記載の高さ検査装置において、前記光学系は移動可能な反射手段を具備し、該反射手段の移動に従い検査対象の高さ情報を前記光センサ上の位置情報に変換するものであることを特徴とする高さ検査装置。

【請求項3】 請求項2記載の高さ検査装置において、前記光学系は回転中心からの距離が異なる複数の反射面からなる回転多面鏡を備え、前記反射手段は該複数の反射面から選択された一の反射面によって構成され、前記反射手段の移動は該回転多面鏡の回転による該一の反射面の選択をもってなされることを特徴とする高さ検査装置。

【請求項4】 請求項3記載の高さ検査装置において、前記回転多面鏡の反射面は回転中心に向かって傾斜を有し、該反射面の構成する形状が実質的な多角錐形状又は多角錐台形状であることを特徴とする高さ検査装置。

【請求項5】 請求項3記載の高さ検査装置において、前記回転多面鏡は、更に、隣接する前記反射面の前記回転中心から距離の差が粗である箇所と密である箇所を有することを特徴とする高さ検査装置。

【請求項6】 請求項3記載の高さ検査装置において、前記回転多面鏡は、前記回転中心となる中心軸からの距離の等しい前記反射面と同数の面により構成されて該中心軸に垂直な断面での形状が実質的に正多角形である回転多面鏡本体に、該本体の面上で厚みの異なる鏡体を結合して形成されたものであることを特徴とする高さ検査装置。

【請求項7】 請求項2記載の高さ検査装置において、前記光学系は、回転中心からの距離が異なる複数の反射面からなる回転多面鏡を二つ以上備え、前記反射手段は、該二つ以上の回転多面鏡のそれぞれの複数の反射面から各一つずつ選択された二つ以上の反射面の粗をもって構成され、前記反射手段の移動は、該二つ以上の回転多面鏡のそれぞれの複数の反射面から、それぞれの回転中心に従う回転により各一つずつ反射面を選択することによりなされるものであることを特徴とする高さ検査装置。

【請求項8】 請求項3乃至請求項6の何れか一項記載の高さ検査装置において、光照射装置と、第二の光センサと、該第二の光センサの指示により前記検査対象の高さ情報を該光センサ上の位置情報に変換するための画像処理を行う画像処理装置と、を更に具備すると共に、該光照射装置と第二の光センサは、前記の回転多面鏡の

回転による一の反射面の選択完了時に該光照射装置からの光が該光センサの光軸と平行状態を形成するように設定されており、

該回転多面鏡の回転時に該平行状態の形成を該光センサが検出し、該検出に続く該指示により該画像処理装置による該画像処理がなされることを特徴とする高さ検査装置。

【請求項9】 請求項3記載の高さ検査装置において、前記第二の光センサは複数のセンサ本体からなりと共に、該複数のセンサ本体はそれぞれが他のセンサ本体と前記の反射面の選択完了時の該光照射装置からの光の光軸を挟むように構成されており、各センサ本体での該光の検出量の実質的な同一をもって前記平行状態の形成を検出するものであることを特徴とする高さ検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高さ検査装置に関する。そして、特に、被検出体の高さを光学的な手段を用いて検出する高さ検査装置に関する。近年のLSIチップの多ピン化、高密度化に伴ってLSIチップ上の表面電極を絶縁基板又はパッケージの配線用電極に直接に接続（ボンディング）するフリップチップ・ボンディング方式が注目されている。

【0002】図9にLSIチップ201上に形成されたエリアバンパ（半田のこぶ。以下、バンパと称す。）202の外観の概略図を示す。実際は一辺が10mm前後のLSIチップ上には直径100μm程度のほぼ球形をしたバンパが数千個程度形成されている。バンパはLSIチップ201をフェイスダウンして基板203にボンディングされる。一枚の基板に複数のLSIチップを実装する方式をMCM（マルチ・チップ・モジュール）方式と呼ぶ。MCMは高性能計算機等に用いられる。

【0003】バンパ202のサイズ（径又は高さ）にばらつきがあると、フェイスダウンしたときに図10に示すようにショート欠陥204又はオープン欠陥205が生じる。従って、フェイスダウン前にバンパ202のサイズを検査して、サイズ不良を発見することが欠陥の防止において重要となる。エリアバンパは数千個のバンパが高密度に形成されているため、一つ一つのバンパのサイズを人間が目視によって検査することは非常に困難である。そのため、バンパの外観検査の自動化が望まれている。

## 【0004】

【従来の技術】図11に従来の高さ検査装置の光学系の構成を示す。従来の高さ検査装置211では、ハロゲン光源212から出た光は、ファイバー213で鏡筒214に導かれ、集光レンズ215で集光された後、ハーフミラー216で反射し、対物レンズ217を通してXYZステージ223上の検査対象218に照射される。検査対象218から反射した光219は対物レンズ217

で集光され、ハーフミラー216を透過した後、結像レンズ220で結像されてCCDカメラ221と画像処理装置222で撮像される。

【0005】次に、従来の高さ検査装置を用いた高さ検査の手順を説明する。まず、検査対象218をXYZステージ223で適当な検査位置を確保できるように位置決めする。そしてXYZステージ223のZステージにより検査対象218を所定の高さに上下移動させて撮像するというステップを繰り返す。レンズ系の焦点深度はZステージの1ステップの移動距離よりも十分に浅い。

【0006】尚、XYZステージ223のZステージを上下移動させるのではなく、鏡筒214を上下に移動させて撮像することも行われることがある。図12を用いて従来の高さ検査法を説明する。図12(a)、(b)に示すように、真上から照射された光231はチップ232上のパンプ233の頂点部234では真上に反射するため明るく、傾斜部235では斜め方向に反射するため暗く、チップ領域236でそれらの中間的な明るさ(グレイ調)に撮像される。図12(b)のA-B線に沿った明るさのプロファイルは図12(c)、(d)によって示されるが、その焦点の合い具合によって異なってくる。

【0007】図12(c)のプロファイルは焦点がパンプ頂点部234(高さZ1)に合った状態の明るさのプロファイルであり、図12(c-2)はそのプロファイルを明るさの微分値で表現したものである。また、図12(d)のプロファイルは焦点がパンプ頂点部234からはずれた状態(高さZ2又はZ3)の明るさのプロファイルであり、図12(d-2)はそのプロファイルを明るさの微分値(変化率)で表現したものである。

【0008】焦点がパンプ頂点部234(高さZ1)に合った状態では図12(c)のように明るさはS1と大きくなり、その明るさの微分値の絶対値も図12(c-2)のように大きい。焦点がパンプ頂点部234からはずれた状態(高さZ2又はZ3)では図12(d)のように明るさはS2と小さくなり、その明るさの微分値の絶対値の図12(d-2)のように小さくなる。

【0009】従って、パンプ頂点部234の明るさ、又は微分値の大きさが最大になるときの撮像の高さを、検査対象の高さ(Z方向)調節を行うXYZステージ等を用いて検出することにより、パンプ頂点の高さ情報を得ることができる。以上の高さ検査法は通常、焦点法と称されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来の焦点法を用いた高さ検査装置では、図11に示されるように、検査対象218から鏡筒214までの距離を変化させる必要があるためにXYZステージ223のZステージを用いていた。ところが、CCDカメラ221の撮像時間に比べて移動時間が長くなり、画像入力時間がかかるという問題

を有していた。

【0011】また、鏡筒214を動かす場合にも、一般的に鏡筒は重量が大きく、XYZステージ等を用いて上下させるとき、検査の妨害となる振動の発生や、大型で強力なZステージが必要となるなどという物理的又はコスト的な問題を有していた。従って、検査対象の高さ検査において、検査対象の位置又は鏡筒の位置の上下移動を不要とし、画像入力時間を短縮をすることが課題となる。

10 【0012】本発明は上記の課題を解決した新規な高さ検査装置の提供を目的とする。また、本発明の別の目的は、新規な光学系の採用により検査対象の位置又は鏡筒の位置の上下移動を不要とする高さ検査装置の提供を目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、検査対象の高さの検査を行う高さ検査装置において、検査対象と具備する光センサとの間の光路長を変えて、該検査対象の高さ情報を該光センサ上の位置情報に変換する光学系を備えることを特徴とする。請求項2記載の発明は、請求項1記載の高さ検査装置において、前記光学系は移動可能な反射手段を具備し、該反射手段の移動に従い検査対象の高さ情報を前記光センサ上の位置情報に変換するものであることを特徴とする。

20 【0014】請求項3記載の発明は、請求項2記載の高さ検査装置において、前記光学系は回転中心からの距離が異なる複数の反射面からなる回転多面鏡を備え、前記反射手段は該複数の反射面から選択された一の反射面によって構成され、前記反射手段の移動は該回転多面鏡の回転による該一の反射面の選択をもってなされることを特徴とする。

30 【0015】請求項4記載の発明は、請求項3記載の高さ検査装置において、前記回転多面鏡の反射面は回転中心に向かって傾斜を有し、該反射面の構成する形状が実質的な多角錐形状又は多角錐台形状であることを特徴とする。請求項5記載の発明は、請求項3記載の高さ検査装置において、前記回転多面鏡は、更に、隣接する前記反射面の前記回転中心から距離の差が粗である箇所と密である箇所を有することを特徴とする。

40 【0016】請求項6記載の発明は、請求項3記載の高さ検査装置において、前記回転多面鏡は、前記回転中心となる中心軸からの距離の等しい前記反射面と同数の面により構成されて該中心軸に垂直な断面での形状が実質的に正多角形である回転多面鏡本体に、該本体の面上で厚みの異なる鏡体を結合して形成されたものであることを特徴とする。

50 【0017】請求項7記載の発明は、請求項2記載の高さ検査装置において、前記光学系は、回転中心からの距離が異なる複数の反射面からなる回転多面鏡を二つ以上備え、前記反射手段は、該二つ以上の回転多面鏡のそれ

それぞれの複数の反射面から各一つずつ選択された二つ以上の反射面の組をもって構成され、前記反射手段の移動は、該二つ以上の回転多面鏡のそれぞれの複数の反射面から、それぞれの回転中心に従う回転により各一つずつ反射面を選択することによりなされるものであることを特徴とする。

【0018】請求項8記載の発明は、請求項3乃至請求項6の何れか一項記載の高さ検査装置において、光照射装置と、第二の光センサと、該第二の光センサの指示により前記検査対象の高さ情報を該光センサ上の位置情報に変換するための画像処理を行う画像処理装置と、を更に具備すると共に、該光照射装置と第二の光センサは、前記の回転多面鏡の回転による一の反射面の選択完了時に該光照射装置からの光が該光センサの光軸と平行状態を形成するように設定されており、該回転多面鏡の回転時に該平行状態の形成を該光センサが検出し、該検出に続く該指示により該画像処理装置による該画像処理がなされることを特徴とする。

【0019】請求項9記載の発明は、請求項3記載の高さ検査装置において、前記第二の光センサは複数のセンサ本体からなると共に、該複数のセンサ本体はそれぞれが他のセンサ本体と前記の反射面の選択完了時の該光照射装置からの光の光軸を挟むように構成されており、各センサ本体での該光の検出量の実質的な同一をもって前記平行状態の形成を検出するものであることを特徴とする。

【0020】請求項1及び請求項2記載の高さ検査装置によれば、高さ検査に用いる光学系は、検査対象と該検査対象の高さ情報としての画像を受像する光センサ間の光路長を変えることにより、該画像を該光センサ受光面上での受像位置の違いとして取得する事が可能である。そして、該光路長を検査対象と独立して該光学系の具備する移動可能な反射面により可変とすることができる。

【0021】従って、検査対象を上下動させる必要が無く、求められる上下の動作に対し長時間を要すると共に、検査対象に検査の妨害となりうる振動を与える可能性のあるXYZステージ等の検査対象昇降手段に頼る必要がない。よって、短時間で大幅な光路長変更を、検査対象に振動を与えることなく行うことができ、短時間で正確な高さ検査を行う高さ検査装置を提供することができる。

【0022】請求項3記載の高さ検査装置によれば、高さ検査に用いる光学系は、回転中心からの距離の異なる複数の反射面を備えて回転可能であって、該具備する複数の反射面が該回転により何れも検査対象の発する光の光路の一部を構成することが可能な回転多面鏡を有する。従って、該回転反射鏡の該回転により該反射面を選ぶことにより、検査対象と該検査対象の高さ情報としての画像を受像する光センサ間の光路長を変えることができ、該光路長の違いを該画像を該光センサ受光面上での

受像位置の違いとして取得する事が可能である。

【0023】よって、該検査対象の高さ情報を該光センサ受光面上での受像位置の違いとして取得する事が可能であり、検査対象を上下動させる必要が無く、求められる上下の動作に対し長時間を要すると共に、検査対象に検査の妨害となりうる振動を与える可能性のあるXYZステージ等の検査対象昇降手段に頼る必要がない。以上より、短時間で大幅な光路長変更を、検査対象に振動を与えることなく、短時間で正確な高さ検査を行う高さ検査装置を提供することができる。

【0024】請求項4記載の高さ検査装置によれば、用いる回転多面鏡の反射面に回転中心に向かう傾斜を設けることにより、検査対象から来る光を反射して光センサに送る際にその反射方向の自由度が増大し、必要とされる方向により希望通りに光の反射を行うことが可能となる。従って、正確な高さ検査を行う高さ検査装置を提供することができる。

【0025】請求項5記載の高さ検査装置によれば、隣り合う反射面における回転中心からの距離の差が必ずしも一定でない回転多面鏡を使用することが可能となる。よって、検査する高さ範囲において、高分解能で検査したい範囲若しくは検査対象の高さ近辺の範囲においては、隣り合う反射面における回転中心からの距離の差を密にして、高い分解能をもって高さ検査をすることができ、そうでない範囲においては粗にして検査をすることができ。

【0026】従って、短時間で大幅な光路長変更を、検査対象に振動を与えることなく行うことができ、短時間で正確な高さ検査を行う高さ検査装置を提供することができる。請求項6記載の発明によれば、高さ検査装置において、用いる光路変更用の回転多面鏡に比較的容易に且つ安価に製造可能な回転多面鏡を使用することができる。

【0027】よって、短時間で正確な高さ検査を行う安価な高さ検査装置を提供することができる。請求項7記載の発明によれば、回転多面鏡を複数設けることが可能となり、光路長の変更をより細かく行うことが可能となり、高い分解能で高さ検査を行うことが可能となる。

【0028】よって、短時間で正確な高さ検査を行う安価な高さ検査装置を提供することができる。請求項8及び請求項9記載の発明によれば、光路長の変更を行う回転多面鏡の回転に連動させて光センサでの検査対象の画像取得を行うことが可能となり、検査の自動化が可能となる。

【0029】よって、短時間で大幅な光路長変更を、検査対象に振動を与えることなく行うことができ、短時間で正確な高さ検査を自動で行う高さ検査装置を提供することができる。

【0030】

【発明の実施の形態】本発明の検査原理について図1、

図2、図3を用いて説明する。図1～図3は検査対象に検査のための光を入射させた場合を想定し、その反射光の挙動を示して検査原理を示すものであり、図1は反射ミラーの移動を利用した本発明の検査原理を説明する図であり、図1(a)は検査のための光学系の焦点位置に設けた基準面の上の点P1から出た光が対物レンズ1によって結像される様子を示している。

【0031】本来ならば点P1から出た光は点R1に結像されるが、光軸3方向に位置X1にある反射ミラー2によって光軸3から距離Dだけ離れた結像面上の点Q1に結像される。図1(b)は基準面よりも対物レンズ1寄りの点P2から出た光が対物レンズ1によって結像される様子を示している。反射ミラー2が位置X1にあれば点P2から出た光は点Q2よりも光軸3から離れた点に結像されるが、反射ミラー2の位置をX2に移動させることにより、光軸から距離D離れた点Q2に結像させることができる。

【0032】このとき、対物レンズ1から結像面までの光路長は点R1とR2との位置関係からも明らかなように、点Q1までよりも点Q2までの距離の方が長い。図1(c)は基準面よりも対物レンズ1から離れた点P3から出た光が対物レンズ1によって結像される様子を示している。図1(b)同様に、点P3から出た光は反射ミラー2の位置をX3に移動させることにより、光軸から距離D離れた点Q3に結像させることができる。このとき、対物レンズ1から結像面までの光路長は点R1とR3との位置関係からも明らかなように、点Q1までよりも点Q3までの距離の方が短い。

【0033】従って、光を発する点P1～3に対して対物レンズ1の後段にある反射ミラー2の位置を調節することによって、対物レンズ1までの距離が異なる面の像を、光軸から一定距離は離れた同一面上に、図1(d)に示すようにその位置を追って結像させることができる。図2は回転多面鏡を利用した本発明の検査原理を説明する図であり、検査対象の検査対象面(対象面)上の位置P11から反射した光を対物レンズ5で集光し、回転多面鏡(反射面M1～M8の8面体構造)6の45度傾いた反射面M1で光路を変更して、垂直方向に配置した結像面に結像させる様子を示している。尚、この結像面は本発明の場合、後に説明するようにCCDカメラ等光センサのセンサ面となる。

【0034】回転多面鏡6は回転中心7から各反射面(M1～M8)までの距離(以降、回転半径と称す)がR1～R8まで異なっている。P11を発した光である画像のセンサ面への入力は、回転多面鏡6を回転させて反射面をM1～M8まで順に切り換え、反射面M1～M8が45度になる位置で行う。この場合、回転多面鏡6の反射面は8面あり、回転多面鏡6が45度回転する毎に該画像の入力を行う。

【0035】検査対象の高さが変化する場合、検査対象

から対物レンズ5までの距離が変化するので、センサ面上に焦点を合わせるためには対物レンズ5からセンサ面までの光路長を変化させる必要がある。この時回転多面鏡6は具備する異なった回転半径の反射面を利用して、それらからの適当な選択により光路長の変化に有効に作用する。

【0036】図3は、回転多面鏡の反射面の位置の違いを利用した本発明の検査原理を説明する図であり、回転多面鏡6の反射面(M1, M2)の位置(回転半径)の違いによって反射光8の光路が変化する様子を拡大して示している。図中、実線で示される回転多面鏡6は反射面M1を利用して光路を変更し、点線で示される回転多面鏡6は反射面M2を利用して光路を変更する。

【0037】反射面M1(回転半径R1)で光路変更した光は、センサ面の位置Z1に結像され、焦点が合っている。一方、反射面M2(回転半径R2)で光路変更した光は、センサ面で位置Z1より上方の位置Z2に結像され、焦点がぼやけている。これらの様子をセンサ面上での光強度のプロファイルで示すと、図3(b)。

(c)に示すように、反射面M1を用いた場合の図3(b)では光強度が高く、反射面M2を用いた場合の図3(c)に比べて明らかにその強度は高くなる。

【0038】これは、回転多面鏡6が、回転半径の異なる反射面(M1～M8)を切り換えることによって、対物レンズ5から光センサのセンサ面までの光路長を変化させるように作用するためである。このように回転多面鏡の回転半径の異なる反射面を切り換えて光路長を変化させると、焦点の合い具合が変化すると共に、検出できる位置も変化する。従って、回転半径の異なる複数の反射面で光路変更して入力した複数の画像の中から、その焦点の最も合った画像を抽出し、そのときのセンサ上のZ方向位置の検出することにより、検査対象の高さを算出することができる。

【0039】つまり、検査対象の高さ情報をセンサ上の位置情報に変換して、その高さを検出することができる。尚、このとき、回転多面鏡6の隣り合う反射面における回転中心からの距離の差は必ずしも一定でなくて良い。図4は回転多面鏡の各反射面の回転中心からの距離に対応するセンサ面上での結像位置(Z1～Z8)を示す図であるが、図4(a)、(b)に示すように、検査する高さ範囲において、高分解能で検査したい範囲若しくは検査対象の高さ近辺の範囲においては結像位置の密度が密に、そうでない範囲においては粗にしても構わない。

【0040】そのように結像位置の粗・密を設けることで限られた範囲内での必要な部分のより高精度の高さ検査が可能となる。従来測定法によれば、測定範囲はXYZステージ等の手段による検査対象の移動範囲であり、高さ検査における結像位置の密度を粗にしようとするれば、それだけXYZステージにより検査対象を動かす必

要があり、その移動距離に比例する所要時間を要していた。よって、広い範囲での高さ検査は好ましいものではなかった。

【0041】しかし、本発明にかかる高さ検査原理による高さ検査装置においては、従来法におけるXYZステージ等の手段による検査対象の移動に対応する動作が、例えば、回転多面鏡の回転により瞬時に達成することができ、高さ検査における検査対象を動かすための時間を大幅に省略することができ、その検査範囲も従来に比べ、非常に広い範囲に設定することが可能である。

【0042】

【実施例】以下、図面を用いて本発明にかかる実施例について説明する。

(実施例1) 図5は、本発明にかかる第一実施例である高さ検査装置の要部構成を示す構成図である。

【0043】本装置の要部となる光学系の構成と作用を中心に以下説明を行う。本実施例の高さ検査装置11の光学系は、ハロゲン光源13と、集光レンズ15と、対物レンズ17と、第一ハーフミラー19と、第一結像レンズ21と、回転多面鏡23と光センサとしての第一CCDカメラ25とを主要部として構成される。

【0044】そして、ステージコントローラ26を具備して検査対象の位置決め可能なXYZステージ27と、第二ハーフミラー29と、第二結像レンズ31と、第二CCDカメラ32を更に備える。尚、集光レンズ15と対物レンズ17と第一ハーフミラー19と第一結像レンズ21と回転多面鏡23と第二ハーフミラー29と第二結像レンズ31とは、鏡筒(図示されない)に納められて一体となっている。

【0045】光路長変更用の回転多面鏡23はモーターコントローラ35を具備した回転用のモーター33を有し、モーター33は更に、回転動作の制御用に位置検出機37を結合して有する。また、高さ検査装置11は、第二及び第一CCDカメラ32、25で取得した画像信号をもとに検査対象18の位置決めと及び高さ検査を行うために、画像入力部39と、画像メモリ41と、画像処理部43と、高さ検査部45を有する。

【0046】そして、画像入力部39等を制御して装置11の画像の処理機能を制御すると共に、ステージコントローラ26を介してXYZステージ27の制御、及び位置検出器37に指示されてモーターコントローラ35を介してモーター33を、ひいては回転多面鏡23を制御する制御部47を有する。以上の構成からなる本実施例の高さ検査装置11においては、ハロゲン光源13から出射された光はハロゲン光源13に取り付けられた光ファイバー14で該鏡筒に導かれ、集光レンズ15で集光された後、第一ハーフミラー19で反射し、対物レンズ17を通して半導体チップである検査対象18を照射する。

【0047】検査対象18から反射した光は対物レンズ

17で集光され、第一ハーフミラー19を透過した後、第二ハーフミラーで第二結像レンズ31側に反射する光と、第一結像レンズ21側に透過する光に分岐される。第二結像レンズ31に到達した光は第二CCDカメラ32に結像される。第二結像レンズ31の光学系の焦点深度は絞りをを用いて第一結像レンズ21の光学系よりも深くし、第二CCDカメラ32で撮像される広い範囲の画像を検査対象の傾きの程度の検出等を含む位置決めを用いる。

10 【0048】第一結像レンズ21に到達した光は回転多面鏡23で反射され、第一CCDカメラ25で結像される。回転多面鏡23は複数の反射面(ミラー)24を有し、回転中心から各反射面までの距離はそれぞれ異なっている。尚、反射面の数は撮像する高さ範囲と高さ分解能から決定される。よって、必要に応じて上記の8面の回転多面鏡に変えてより少ない面数の回転多面鏡や、より面数の多いものを用いることも可能である。ここでは、反射面の数は8面で、各反射面間の回転中心からの距離差は数十 $\mu\text{m}$ 程度である。

20 【0049】回転多面鏡23をモーター33で回転し、反射面24で反射した光の光軸が第一CCDカメラ25に対して垂直になるときに第一CCDカメラへ入力トリガをかけて撮像を行う。図1(a)、(b)において示したように、反射面が変わってその位置が変わると第一結像レンズ21から第一CCDカメラ25までの光路長が変化する。即ち、焦点面が上下する。

【0050】回転多面鏡23を回転させるモーター33の軸には位置(角度)検出器37を結合してあり、この出力をモーターコントローラ35にフィードバックして一定の回転数に制御する。尚、この位置(角度)検出器にはロータリーエンコーダ等を使用することが出来る。制御部47は、位置検出器37の出力を取込み、回転多面鏡23の反射面24が第一CCDカメラ25の撮像面に対して45度になる(この時、反射面24で反射した光の光軸が第一CCDカメラ25(撮像面)に対して垂直になる。)時刻にトリガ信号を出力して、シャッター画像入力を行う。

【0051】制御部47が位置検出器37の出力を受けてから、シャッター撮像するまでの時間は数百ナノ秒程度である。カメラの撮像時間を1/30秒とすると反射面が8面の場合、回転周期は0.2666秒で、回転速度は毎分225回転である。あるいは、回転多面鏡の回転角を指示して位置決めを行い、回転多面鏡が停止した後に画像入力を行ってもよい。

【0052】次に、高さ検査の手順について説明する。XYZステージ27は検査対象18の位置決めと、チップ上の各領域で画像を入力できるように撮像領域を移動させる。一つの領域に対して回転多面鏡23の一回転分の画像を取り込む。撮像したアナログ画像信号は、画像入力部39で256階調のデジタル画像信号に変換さ

れて、画像メモリ41に格納される。入力した画像は前述した検出原理に従い反射面で反射した後の光軸が垂直方向にずれる。

【0053】従って、入力される領域が第一CCDカメラの撮像面（センサ面）上で水平方向にずれるが、前述のオーダー（数十 $\mu\text{m}$ ）からCCDカメラ等光学系の視野に比べて十分に小さいので高さ検査上の影響はない。画像処理部43で得られた一つの領域で入力した複数の画像の焦点の合い具合は、各々異なっている。焦点の合い具合は従来技術たる焦点法で説明したような公知の手法により評価し、最も焦点の合った画像に対応する高さを高さ検査部45を用いて検出する。

【0054】この時、検査対象の検査位置がバンパ上であるなら、検出された高さがバンパ頂点の高さであり、バンパのサイズ検査が行われる。そして、従来法で問題となったXYZステージの移動にかかる時間が不要となり、回転多面鏡の回転に従う瞬時の自動高さ検査が可能となった。

（実施例2）図6は、本発明にかかる第二実施例である高さ検査装置の要部構成を示す構成図である。

【0055】第二実施例である高さ検査装置51は、第一実施例と比べ、第一CCDカメラ53に画像を入力する画像入力トリガをかける機構と回転多面鏡55の構造にその特徴的な点を有する。そしてそのとき、高さ検査のための主要な光学系は第一実施例と同一であり、XYZステージ等の位置決めのための構成や光センサたるCCDカメラからの画像を処理するための構成、及びこれらの機能を制御する制御部も同一である。

【0056】従って、特徴的な部位のみ図6(a)、

(b)を用いて説明し、第一実施例と重複する部分については説明を省略する。回転多面鏡55は、8面の反射面（ミラー）57を有し、回転中心から各反射面までの距離はそれぞれ異なっている。尚、当然ではあるが、その距離の評価については、各反射面間で、例えば反射面の下端と回転中心との距離を評価するなど、同一の基準で評価した上でそれぞれの距離が異なるとされたものである。

【0057】そしてその回転中心が垂直（Z軸方向）となるように設定されると共に、反射面はそれぞれ回転中心に対して45度の傾斜を有しており、その縦断面が台形である八角錐台状の形状を持つ。その結果、装置51を規定するXYZ座標におけるXZ面において45度傾くことになる。回転多面鏡55はモーター59を備え、モーター59の軸61の中心が各反射面の位置の基準となる回転中心となる。

【0058】画像入力トリガをかける機構は、レーザー光源62と集光レンズ63と第三ハーフミラー65と第三の光センサ67とトリガ発生器69と上記の制御部とは別のカメラコントローラ71を有する。画像入力トリガをかける方法は、回転多面鏡55の反射面57に対

し、XZ平面で斜め下45度方向であって、XY平面で第一CCDカメラ53の光軸と一致する方向からレーザー光を照射する。集光レンズ63で集光されたレーザー光は第三ハーフミラー65を透過して反射面57に入射する。そして反射面57で反射したレーザー光を第三ハーフミラー65で反射させ、上方の第三の光センサ67で検出する。

【0059】第三の光センサ67は図5(b)に示すように、XY平面を境界とする二つの独立して光強度の検知が可能な光センサ本体73、75から構成されている。よって、レーザー光の入射の際に該境界で分割される各々の光の強度が同一として光センサ本体73、75により検知されたとき、トリガ発生器69がカメラコントローラ71に指示信号を出力し、第一CCDカメラ53でシャッター画像入力を行う。

【0060】シャッター画像入力のタイミングの取り方が第一実施例の高さ検査装置に比べより直接的であり、正確なシャッター画像入力に従う正確な自動高さ検査が可能となった。

20 （実施例3）図7は、本発明にかかる第三実施例である高さ検査装置の要部構成を示す構成図である。

【0061】第三実施例である高さ検査装置81は、第一実施例と比べ、回転多面鏡を二つ使用し、それに対応して第一CCDカメラの配置が変更されている点にその特徴的な部分を有する。他の構成については第一実施例と同一であり、特徴的な部分のみ図6(a)、(b)を用いて説明し、第一実施例と重複する部分については説明を省略する。

【0062】第一回転多面鏡83と第二回転多面鏡85は、図5の第一実施例の回転多面鏡(23)の位置に第一回転多面鏡83がその回転中心を垂直（Z軸方向）にして設置され、第二回転多面鏡85がその横にやはりその回転中心を垂直（Z軸方向）にして設置され、対応する上方に、第一CCDカメラ87がその撮像面を下に向けて設置されている。

【0063】そして、第一回転多面鏡83と第二回転多面鏡85は、各々回転中心からの距離が異なる8つの反射面(N1~N8、M1~M8)を有し、それぞれの面が図6の第二実施例の高さ検査装置で使用した回転多面鏡(55)と同様に回転中心に対し45度の傾斜を持っており、縦断面が台形である八角錐台状の形状を有している。

【0064】検査対象の高さ検査においては、図7(b)に示すように、先ず第一回転多面鏡83の反射面をN1に固定しておき、第二回転多面鏡85をM1、M2、M3、M4、M5、M6、M7、M8の順で順次回転させる。次に先ず第一回転多面鏡83の反射面をN2に固定しておき、第二回転多面鏡85をM1、M2、M3、M4、M5、M6、M7、M8の順で順次回転させる。

13

【0065】このようにして順次反射面を組み合わせると、測定対象の高さ検査に使用できる二つの面の組み合わせ、つまり光路長は64通りある。従って、光路長が八通りの第一実施例の高さ検査装置に比べその検出の高さ範囲を広くすること、又はより細かい分解能で高さ検査を行うことが可能となる。

(実施例4)次に、本発明にかかる高さ検査装置に使用可能な回転多面鏡の製造方法について説明する。

【0066】図8は、八面の反射面を有する回転多面鏡の製造方法を説明する図である。図8(a)に示すように該回転多面鏡は、回転中心となる中心軸91からの距離の等しい八つの面により構成されて中心軸91に垂直な断面での形状が実質的に正多角形である回転多面鏡本体93に、本体93の面上で厚み(t1~t8)の異なる鏡体95~102を結合して形成することができる。厚みの選択は任意である。

【0067】このとき回転多面鏡本体93の形状が実質的に正八角柱形状である回転多面鏡本体93aを使用し、鏡体として回転多面鏡本体93aとの結合時にその結合面と平行となる鏡面を持つ鏡体103を使用して回転多面鏡を形成すれば、回転中心となる中心軸91に平行な反射面であって、中心軸91からの距離のそれぞれ異なる反射面を有し、該反射面の構成する形状が実質的な多角柱形状である回転多面鏡を製造できる。

【0068】また、回転多面鏡本体93の形状が実質的に正八角柱形状である回転多面鏡本体93bを使用し、鏡体として回転多面鏡本体93aとの結合時にその結合面に対し傾斜する鏡面を持つ鏡体104を使用して回転多面鏡を形成すれば、回転中心となる中心軸91に対して中心軸側に傾斜した反射面であって、中心軸91からの距離のそれぞれ異なる反射面を有し、該反射面の構成する形状が実質的な多角錐台形状又は多角錐形状である回転多面鏡を製造できる。

【0069】更に、回転多面鏡本体93の形状が実質的に正八角錐台形状である回転多面鏡本体93cを使用し、鏡体として回転多面鏡本体93cとの結合時にその結合面と平行となる鏡面を持つ鏡体105を使用して回転多面鏡を形成すれば、回転中心となる中心軸91に対して中心軸側に傾斜した反射面であって、中心軸91からの距離のそれぞれ異なる反射面を有し、該反射面の構成する形状が実質的な多角錐台形状又は多角錐形状である回転多面鏡を製造できる。

【0070】以上より、反射面の中心軸からの距離、及び隣接する反射面との中心軸から距離における差異を任意に選択して回転多面鏡を製造できる。よって、本発明にかかる高さ検査装置の高さ測定の範囲と分解能を望みのように設定でき、高精度の高さ検査が可能となる。

【0071】

【発明の効果】請求項1及び請求項2記載の高さ検査装置によれば、検査対象を上下動させる必要が無く、求め

14

られる上下の動作に対し長時間を要すると共に、検査対象に検査の妨害となりうる振動を与える可能性のあるXYZステージ等の検査対象昇降手段に頼る必要がない。

【0072】よって、短時間での大幅な光路長変更を、検査対象に振動を与えることなく行うことができ、短時間で正確な高さ検査を行う高さ検査装置を提供することができる。請求項3記載の高さ検査装置によれば、検査対象の高さ情報を該光センサ受光面上での受像位置の違いとして取得することが可能であり、検査対象を上下動させる必要が無く、求められる上下の動作に対し長時間を要すると共に、検査対象に検査の妨害となりうる振動を与える可能性のあるXYZステージ等の検査対象昇降手段に頼る必要がない。

【0073】よって、短時間での大幅な光路長変更を、検査対象に振動を与えることなく、短時間で正確な高さ検査を行う高さ検査装置を提供することができる。請求項4記載の高さ検査装置によれば、正確な高さ検査を行う高さ検査装置を提供することができる。請求項5記載の高さ検査装置によれば、短時間での大幅な光路長変更を、検査対象に振動を与えることなく行うことができ、短時間で正確な高さ検査を行う高さ検査装置を提供することができる。

【0074】請求項6記載の発明によれば、短時間で正確な高さ検査を行う安価な高さ検査装置を提供することができる。請求項7記載の発明によれば、短時間で正確な高さ検査を行う安価な高さ検査装置を提供することができる。請求項8及び請求項9記載の発明によれば、短時間での大幅な光路長変更を、検査対象に振動を与えることなく行うことができ、短時間で正確な高さ検査を自動で行う高さ検査装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】反射ミラーの移動を利用した本発明の検査原理を説明する図である。

【図2】回転多面鏡を利用した本発明の検査原理を説明する図である。

【図3】回転多面鏡の反射面の位置の違いを利用した本発明の検査原理を説明する図である。

【図4】回転多面鏡の各反射面の回転中心からの距離に対応するセンサ面上での結像位置を示す図である。

【図5】本発明にかかる第一実施例である高さ検査装置の要部構成を示す構成図である。

【図6】本発明にかかる第二実施例である高さ検査装置の要部構成を示す構成図である。

【図7】本発明にかかる第三実施例である高さ検査装置の要部構成を示す構成図である。

【図8】八面の反射面を有する回転多面鏡の製造方法を説明する図である。

【図9】LSIチップ上に形成されたエリアランプの外観の概略図である。

【図10】ショート故障とオープン故障を説明する図で



ある。

【図11】従来の高さ検査装置の光学系の構成を示す図である。

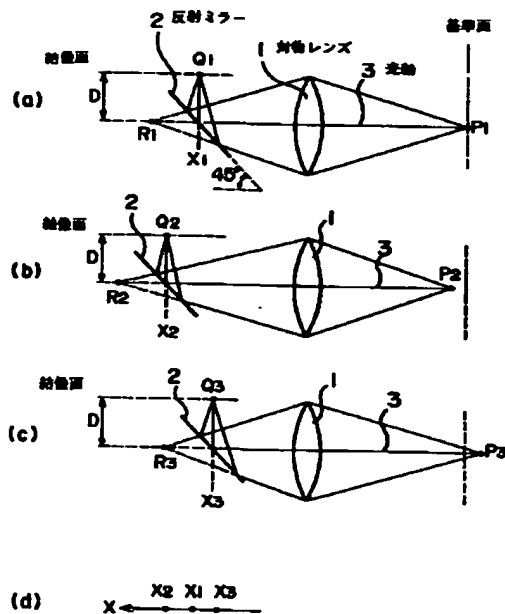
【図12】従来の高さ検査法を説明する図である。

【符号の説明】

- 1, 5, 17 対物レンズ
- 2 反射ミラー
- 3 光軸
- 6, 23, 55 回転多面鏡
- 7 回転中心
- 8 反射光
- 11, 51, 81 高さ検査装置
- 13 ハロゲン光源
- 14 ファイバー
- 15, 63 集光レンズ
- 18 検査対象
- 19 第一ハーフミラー
- 21 第一結像レンズ
- 24, 57 反射面
- 25, 53, 87 第一CCDカメラ
- 26 ステージコントローラ
- 27 XYZステージ
- 29 第二ハーフミラー

【図1】

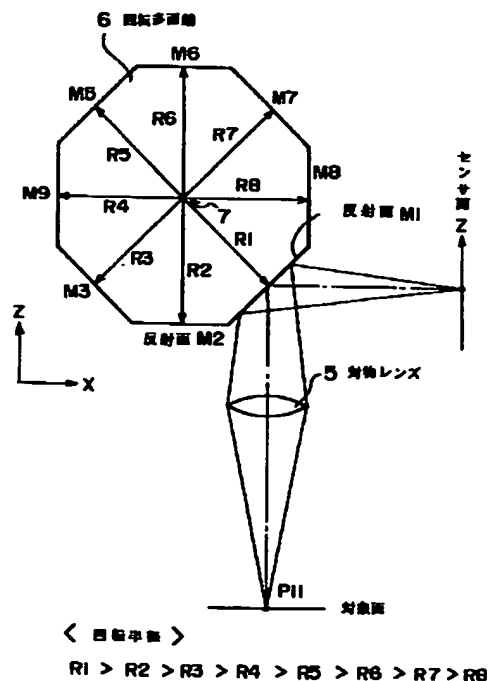
反射ミラーの移動を利用した本発明の検査原理を説明する図



- 31 第二結像レンズ
- 32 第二CCDカメラ
- 33, 59 モーター
- 35 モーターコントローラ
- 37 位置検出器
- 39 画像入力部
- 41 画像メモリ
- 43 画像処理部
- 45 高さ検出部
- 10 47 制御部
- 61 回転軸
- 62 レーザ光源
- 65 第三ハーフミラー
- 67 第三の光センサ
- 69 トリガ発生器
- 71 カメラコントローラ
- 73, 75 光センサ本体
- 83 第一回転多面鏡
- 85 第二回転多面鏡
- 20 91 中心軸
- 93, 93a, 93b, 93c, 回転多面鏡本体
- 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105 鏡体

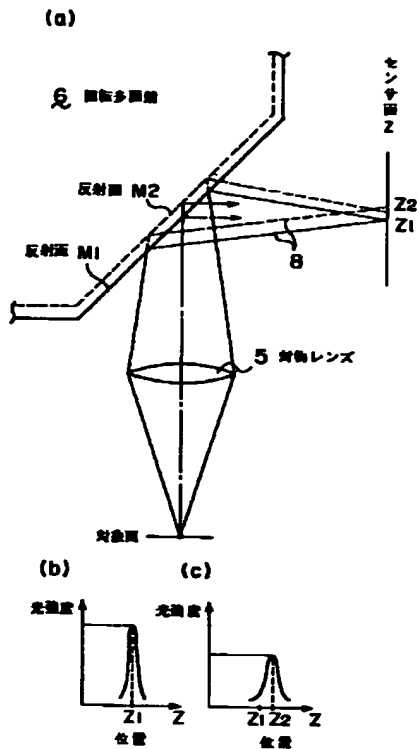
【図2】

回転多面鏡を利用した本発明の検査原理を説明する図



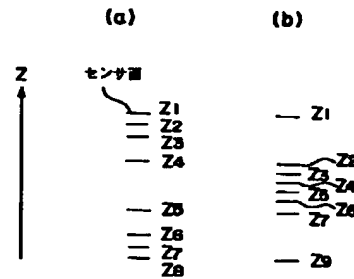
【図3】

回転多面鏡の反射面の位置の違いを利用した本発明の検査原理を説明する図



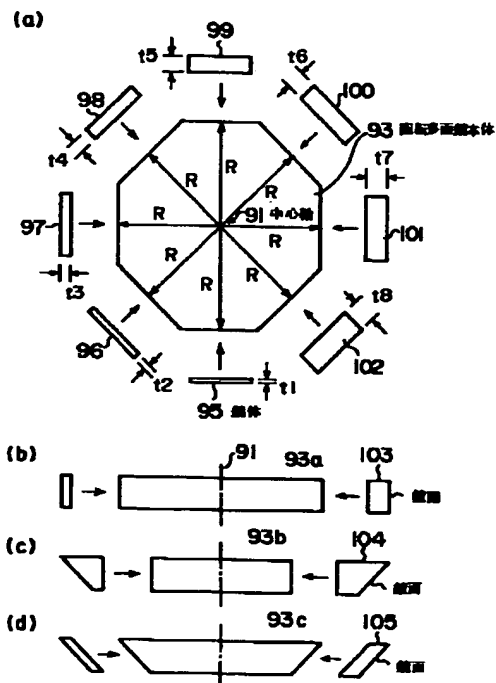
【図4】

回転多面鏡の各反射面の回転中心からの距離に対応するセンサ面上での結像位置を示す図



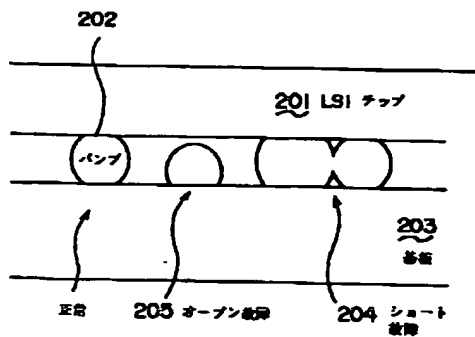
【図8】

八面の反射面を有する回転多面鏡の製造方法を説明する図



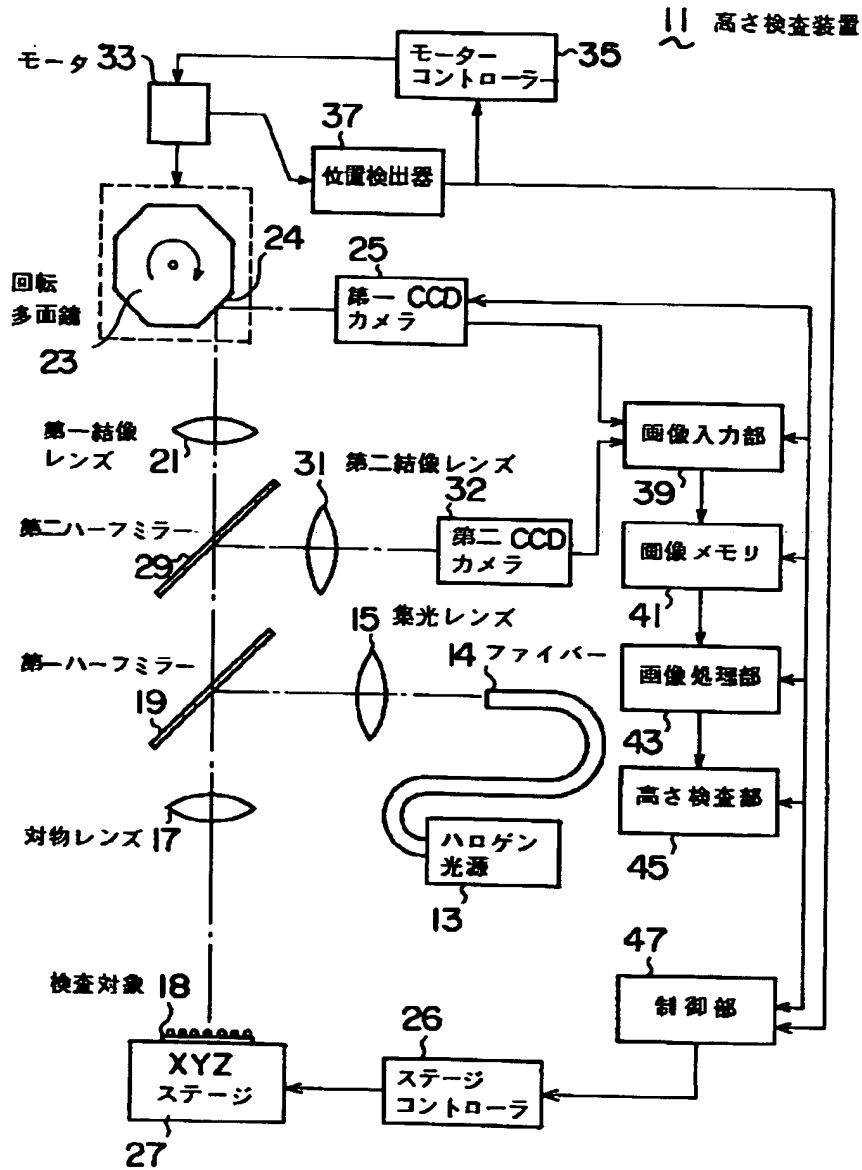
【図10】

ショート故障とオープン故障を説明する図



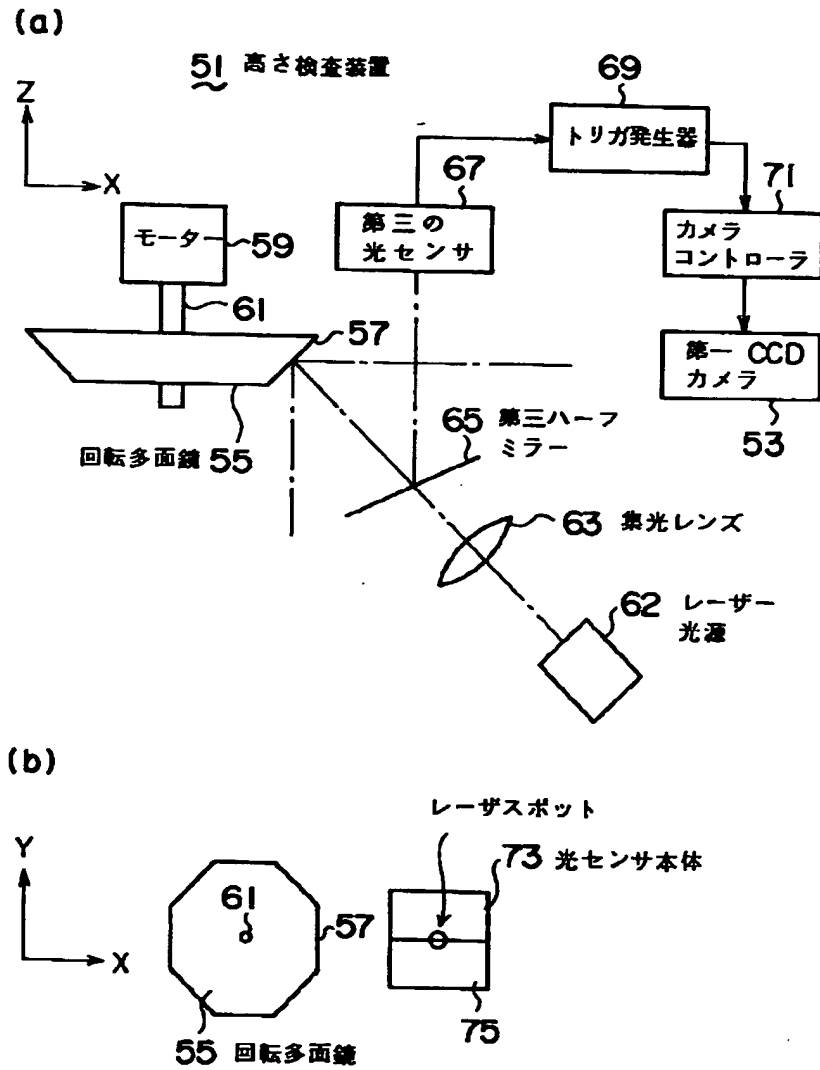
【図5】

本発明にかかる第一実施例である高さ検査装置の  
要部構成を示す構成図



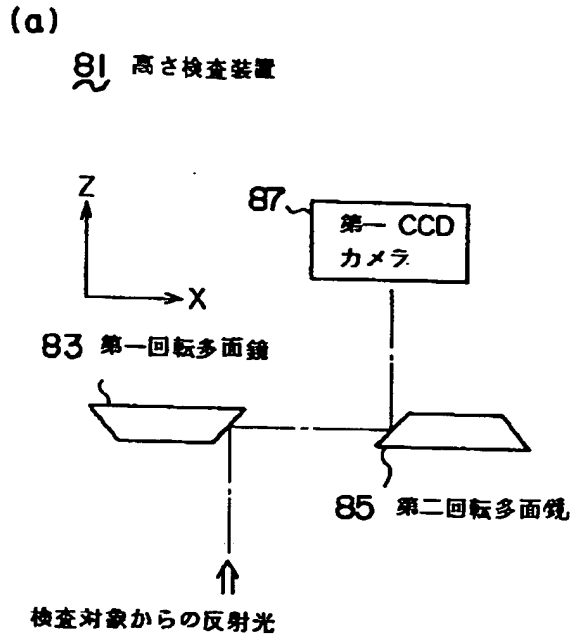
【図6】

本発明にかかる第二実施例である高さ検査装置の  
要部構成を示す構成図



【図7】

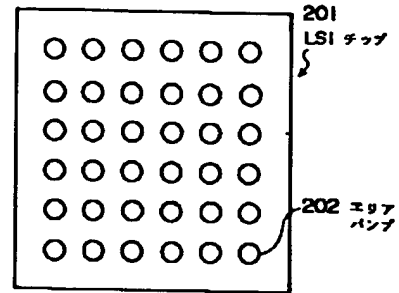
本発明にかかる第三実施例である高さ検査装置の  
要部構成を示す構成図



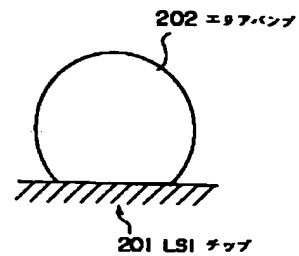
【図9】

LSIチップ上に形成されたエアパンプの外観の概略図

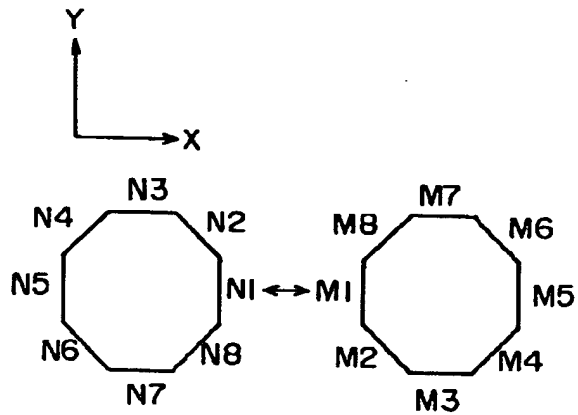
(a)



(b)

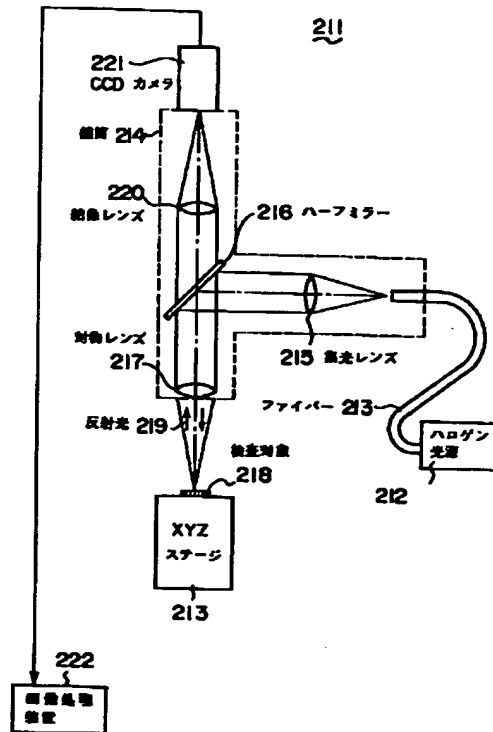


(b)



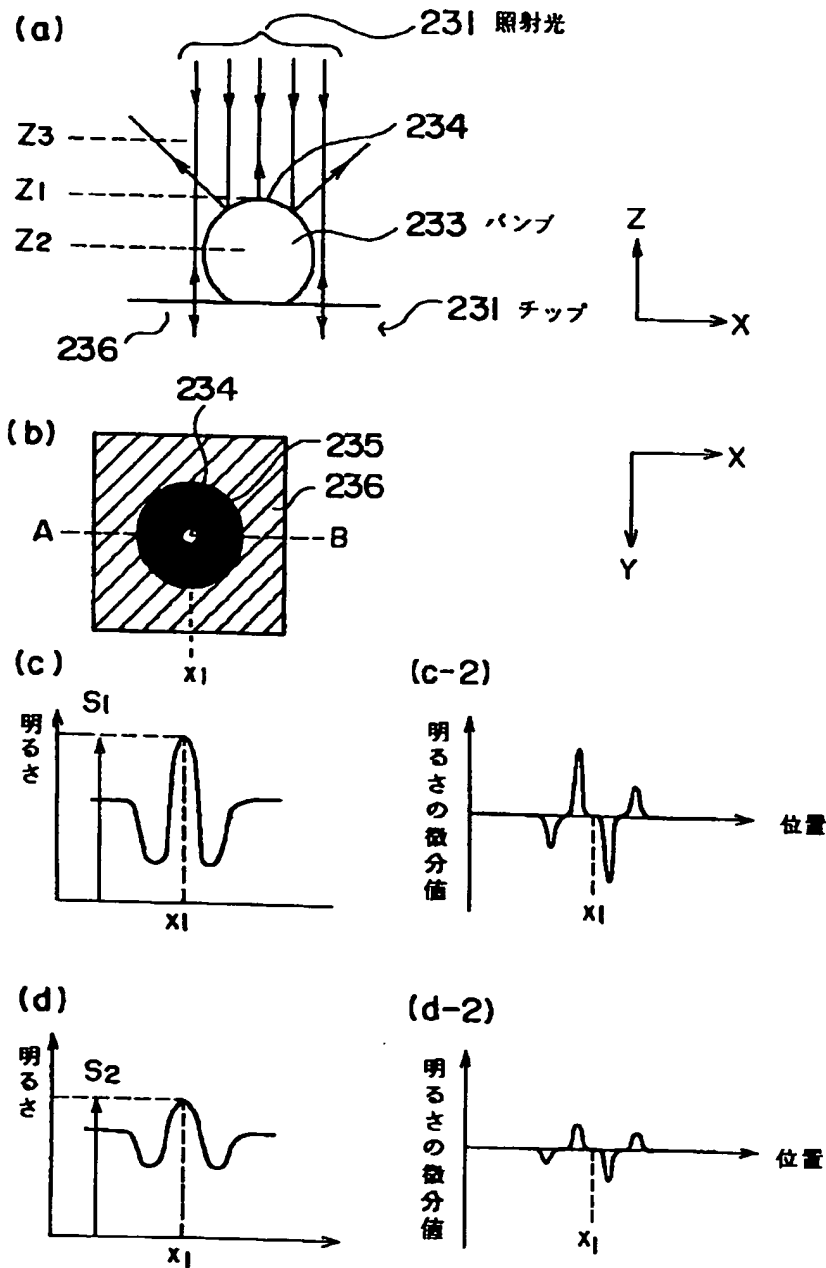
【図11】

従来の高さ検査装置の光学系の構成を示す図



【図12】

従来の高さ検査法を説明する図



フロントページの続き

(72)発明者 西山 陽二  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 布施 貴史  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 高橋 文之  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内